

Variabilité et évolution de la teneur en sucre de la canne à La Réunion Impact des facteurs climatiques et importance du changement climatique

J.F. Martine¹, J.L. Bernard-Colombat², G. Jumaux³

¹ CIRAD, UPR102 Systèmes de culture Annuels, Station de la Bretagne, BP 20, F-97408 Saint-Denis cedex 9, La Réunion

² CTICS, 7 Allée de la Forêt - Boulevard de la Providence - BP 140 - 97463 Saint Denis La Réunion

³ Météo-France Saint-Denis La Réunion

¹ jean-francois.martine@cirad.fr

Résumé

La production des bassins de réception est variable selon les années et le climat, et la prédiction de cette production à partir d'enquêtes ou des conditions climatiques est maintenant effectuée tous les ans dans tous les pays sucriers. Cependant, la qualité de cette production est aussi importante et sa variabilité, son évolution et l'effet des facteurs climatiques doivent donc être estimés.

Dans ce but, les évolutions de teneur en sucre (richesse) ont été étudiées sur l'île et sur les zones des deux sucreries de l'Est (Bois Rouge) et du Sud-Ouest (Le Gol). Sur ces 2 sucreries, ont été recherchés les indicateurs climatiques et les périodes du cycle qui pouvaient expliquer le mieux la variabilité des richesses annuelles. Puis, afin de mieux caractériser l'évolution passée du climat et les projections climatiques pour les prochaines décennies, les principales conclusions d'une étude sur le changement climatique réalisée par Météo France en 2009 pour la Réunion (Roy et al, 2009) ont été synthétisées.

Durant la période étudiée, de 1999 à 2011, la richesse a baissé en moyenne de 0.045% par an sur l'île, 0.05% dans l'Est et 0.04% à l'Ouest et au Sud-Ouest de l'île. Ces diminutions de richesse sont expliquées à 80% dans l'Est et 64% dans l'Ouest par une hausse (0.087 à 0.1°/an) des moyennes des températures minimum de l'intercampagne (Février à Juin) depuis 1999. Les richesses diminuent de 0.48% par degré à l'Est (Bois Rouge) et de 0.58% par degré au Sud-Ouest (Le Gol).

Les analyses effectuées par Météo France sur 1969-2008 confirment le réchauffement observé dans cette étude. Les projections réalisées jusqu'à 2100 montrent que cette tendance va continuer dans le futur avec une hausse des températures de 1 à 3.2°C d'ici 2100 selon les scénarios et modèles utilisés.

Cette tendance future du réchauffement climatique pourrait laisser prévoir une diminution des richesses au moins du même ordre que celle observée ces 10 dernières années, soit 0.5 à 1% tous les 10 ans. Cette évolution pourrait être modifiée à la hausse comme à la baisse par un changement du statut variétal ou des modes de coupe.

Mots clés : Canne à sucre ; qualité ; teneur en sucre ; changement climatique ; température

Introduction

La productivité des parcelles et des bassins de réception, en tonnes de canne / ha, est généralement variable selon les années et le climat. La prédiction de cette productivité à partir des conditions climatiques précédant la campagne est maintenant effectuée tous les ans à La Réunion et dans plusieurs pays sucriers.

Cependant, la qualité de cette production, notamment sa richesse ou teneur en sucre, doit aussi être prise en compte car elle conditionne grandement le fonctionnement de l'usine, le tonnage de sucre extractible / ha, le prix de la tonne de canne et finalement le revenu planteur. Comme pour la productivité, il est donc important d'évaluer aussi la variabilité de la richesse, d'estimer les facteurs climatiques responsables de cette variabilité et de quantifier leurs impacts. Ces effets, étudiés à l'échelle de la parcelle (Martiné et al, 2001 ; Inman-Bamber et al, 2008) et du bassin d'approvisionnement (Yates, 1996 ; Martiné, 2007), dépendent des niveaux des facteurs climatiques. Il est donc important de les estimer selon chaque situation climatique, notamment à La Réunion où la variabilité des situations climatiques est très élevée. Les historiques de richesse provenant des échantillonnages du CTICS lors de la réception des cannes à l'usine et les historiques correspondantes du climat issues des bases Météo France / Cirad seront utilisées à cet effet.

De plus, le changement climatique observé est important et le réchauffement du système climatique est sans équivoque. Dans son dernier rapport, en 2007, le GIEC évalue l'augmentation moyenne mondiale superficielle à $+0,74^{\circ}\text{C}$ sur 100 ans (1906-2005) avec un rythme qui s'est accéléré au cours des 50 dernières années pour atteindre $0,13^{\circ}\text{C}$ par décennie. Compte tenu de ce changement climatique observé, les évolutions passées et future des facteurs climatiques sont estimées périodiquement à l'échelle de La Réunion. Elles permettront de confirmer les évolutions observées de richesse selon les conditions climatiques passées et d'appréhender, sans faire de projection, l'évolution possible de cette richesse. L'étude pour l'identification des évolutions des changements climatiques à La Réunion réalisée par Météo France en 2009 sera utilisée (Roy et al, 2009).

Matériels et Méthodes

Données sur la qualité des cannes

Avant traitement par la sucrerie, les apports de canne des planteurs sont pesés puis échantillonnés (Core-Sampler) et analysés (méthodes à la presse) par le CTICS. Ces résultats sont consolidés par semaine et par campagne (an) à l'échelle de la balance, du bassin d'approvisionnement, de l'île et de la sucrerie. Ces données comprennent le tonnage, le brix du jus (% matière soluble), la richesse (% de saccharose dans la canne), la fibre (% de fibre dans la canne) et la pureté (% de saccharose dans les matières solubles).

Les résultats de tonnage et richesse de 1999 à 2011 utilisés dans cette étude sont ceux consolidés par le CTICS aux échelles de l'île et des deux sucreries de Bois Rouge et du Gol.

Données météorologiques correspondantes aux historiques de données de qualité dans le cas d'un bassin d'approvisionnement.

Les résultats de tonnage et de richesse des zones cultivées en canne à sucre des 2 sucreries de Bois Rouge à L'Est et du Gol au Sud-Ouest sont comparés respectivement aux données climatiques décennales des stations de Beaufonds Miria à l'Est (Météo France) et de Ligne Paradis au Sud-Ouest (Cirad). Les données climatiques décennales comprennent la pluie (mm), les températures mini et maxi, le rayonnement (MJ/m^2) et l'évapo-transpiration potentielle ou l'ETP (mm).

Etude de la variabilité et de l'évolution des caractéristiques de qualité

Sur la période 1999-2011, les richesses annuelles sont étudiées d'un point de vue variabilité et évolution. La variabilité de la richesse est déterminée par son coefficient de variation ($\text{CV} =$

écart type/moyenne*100) et son évolution est calculée à partir d'une régression de la caractéristique en fonction des ans. A l'échelle mensuelle (profil d'évolution intra-campagne), les variabilités et l'évolution annuelle de ces caractéristiques sont évaluées. Les années correspondant aux épisodes cycloniques intenses ou pluvieux extrêmes de Dina (2002) et Diwa (2006) ont été enlevées de la série.

Etude de l'impact des facteurs climatiques sur la richesse

Les données climatiques décennaires fournissent des indicateurs climatiques par cycle, stades ou périodes.

Plusieurs périodes d'influence des facteurs climatiques sont testées : avant campagne ou intercampagne (de Février à Juin), au cours de la campagne (de Juillet à Novembre) et sur l'ensemble (de Février à Novembre). L'indicateur de satisfaction hydrique ish correspond au rapport pluie sur ETP compris entre 0 et 1. Les relations entre richesse et indicateurs climatiques sont déterminées par régression linéaire, et l'explication de la variabilité de la richesse par un facteur climatique est déterminée par le coefficient de corrélation r^2 entre la richesse et ce facteur.

Evolution des changements climatiques observés et projections dans le cas de La Réunion.

Les résultats sur l'évolution et les projections sont issus de l'étude pour l'identification des évolutions des changements climatiques à La Réunion réalisée par Météo France en 2009 (Roy et al, 2009). Les évolutions des températures et précipitations ont été estimées sur 40 ans (1969-2008), sur 6 postes pour les températures et 51 postes pour les précipitations. Les projections ont été réalisées à l'aide de modèles climatiques selon trois scénarios d'émissions de CO2 jusqu'à 2100.

Résultats

Variabilité et évolution de la richesse

Résultats par campagne

A l'échelle de l'île de La Réunion, les richesses varient de 13,54 à 14,31%, ce qui correspond à une variabilité de 1,8%. Comparées à la variabilité des productions de 5,4%, la variabilité de la richesse est nettement plus faible.

Tableau 1. Statistiques des tonnages et richesses de 1999 à 2011 pour l'île de La Réunion, l'usine de Bois Rouge (Est) et l'Usine du Gol (Sud-Ouest). Données du CTICS. Moy = Moyenne, Mini= Minimum, Maxi = Maximum et CV = variabilité en %.

| Zones | Tonnages | | | | Richesse | | | |
|-------------------|------------------|-----------|-----------|------------|--------------|-------|-------|------------|
| | Moy | Mini | Maxi | CV | Moy | Mini | Maxi | CV |
| Île | 1 842 575 | 1 575 513 | 1 968 892 | 5,4 | 13,98 | 13,54 | 14,31 | 1,8 |
| Bois Rouge | 918 849 | 798 096 | 997 397 | 6,3 | 13,62 | 13,09 | 14,12 | 2,1 |
| Le Gol | 923 727 | 777 417 | 1 013 312 | 6,0 | 14,33 | 13,83 | 14,91 | 2,1 |

La figure 1 laisse apparaître une diminution annuelle de la Richesse sur l'île et au niveau des 2 usines (figure 1). Si l'on élimine les années dues au cyclone de Dina en 2002, les diminutions de richesse et de pureté sont respectivement de 0,045% / an et de 0,089% sur l'ensemble de l'île. Les changements de statut variétal sont faibles et ne concernent que 2 variétés (R570 et R579) comparables d'un point de vue richesse. Des données d'évolution de la pureté des cannes (non canne), influencée par le mode de coupe, permettraient d'estimer l'influence de ce facteur.

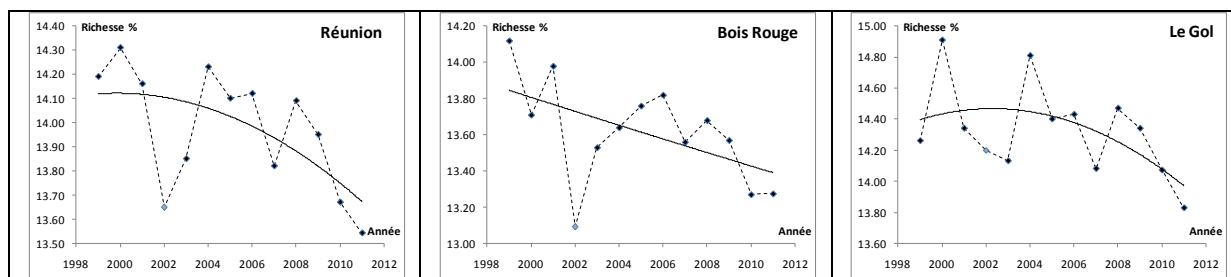


Figure 1. Evolutions des richesses sur l'île et au niveau des 2 usines de Bois Rouge et du Gol sur la période 1999-2011.

Résultats selon les périodes de campagne

Le tableau 2 montre que l'évolution annuelle de chaque période de la campagne (mois de récolte) est aussi négative quel que soit le mois de coupe. Ces diminutions annuelles de chaque période de la campagne sont plus fortes et plus significatives pour le milieu-fin (10-11-12) de campagne.

Tableau 2. Evolution annuelle de la Richesse des différents mois de coupe de 1999 à 2011 pour l'île de La Réunion, l'usine de Bois Rouge (Est) et l'Usine du Gol (Sud-Ouest). La pente représente l'évolution par an de la caractéristique et r^2 le coefficient de corrélation entre richesse et année.

| zone | mois | Richesse | |
|------|------|----------|-------|
| | | Pente | r^2 |
| ILE | 7 | -0,017 | 4 |
| | 8 | -0,026 | 9 |
| | 9 | -0,025 | 10 |
| | 10 | -0,034 | 34 |
| | 11 | -0,052 | 61 |
| | 12 | -0,114 | 39 |

Effets du climat sur la richesse

Le tableau 3 présente les corrélations entre richesse% et différents indicateurs climatiques calculés sur 3 périodes.

Tableau 3. Corrélations entre richesse% et des indicateurs climatiques calculés sur 3 périodes

| | | Bois Rouge | Le Gol | |
|-------|------------|-------------|-------------|---------------------------------------|
| Pluie | Campagne | 0,13 | 0,18 | |
| | Intercamp. | 0,02 | 0,05 | |
| | Total | 0,06 | 0,01 | |
| Tmini | Campagne | 0,57 | 0,19 | Indicateurs climatiques : |
| | Intercamp. | 0,80 | 0,64 | |
| | Total | 0,80 | 0,44 | Pluie, |
| Tmaxi | Campagne | 0,35 | 0,10 | Température mini (Tmini), |
| | Intercamp. | 0,62 | 0,60 | Température maxi (Tmaxi), |
| | Total | 0,57 | 0,41 | Température moyenne (Tmoy), |
| Tmoy | Campagne | 0,45 | 0,14 | Rayonnement (Ray.) et |
| | Intercamp. | 0,73 | 0,57 | Indice de satisfaction hydrique (Ish) |
| | Total | 0,73 | 0,39 | Les indicateurs climatiques ont été |
| Ray. | Campagne | 0,15 | 0,14 | calculés sur 3 périodes : |
| | Intercamp. | 0,00 | 0,19 | Campagne : Juillet à Novembre |
| | Total | 0,09 | 0,21 | Intercampagne : Février à Juin |
| Ish | Campagne | 0,10 | 0,09 | Total : Février à Novembre |
| | Intercamp. | 0,26 | 0,19 | |
| | Total | 0,22 | 0,03 | |

La variabilité de la richesse est principalement expliquée par la moyenne des températures minimum relevées en intercampagne (Tmini). La période d'intercampagne la plus 'explicative' de cette variabilité est celle allant de Février à Juin. Cette variabilité est expliquée par Tmini à 80% sur la partie Est (usine de Bois Rouge) et à 64% sur la partie Sud-Ouest (Usine du Gol). Les autres indicateurs thermiques expliquent à un degré moindre la variabilité de la richesse alors que le rayonnement, la pluie et l'indice de satisfaction hydrique l'expliquent très peu.

La figure 2 montre que la richesse % diminue avec l'augmentation de la moyenne des températures mini relevées en intercampagne (Février à Juin). Les richesses diminuent de 0,48% par degré à l'Est (Bois Rouge) et de 0,58% par degré au Sud Ouest (Gol). Du aux conditions hydriques moins satisfaisantes, les richesses sont plus élevées sur la cote Ouest que sur la cote Est. L'explication de la variabilité de la richesse par les températures mini, en intercampagne, est plus élevée sur la cote Est (Bois rouge 80%) que sur la Cote Oust (Le Gol 64 %).

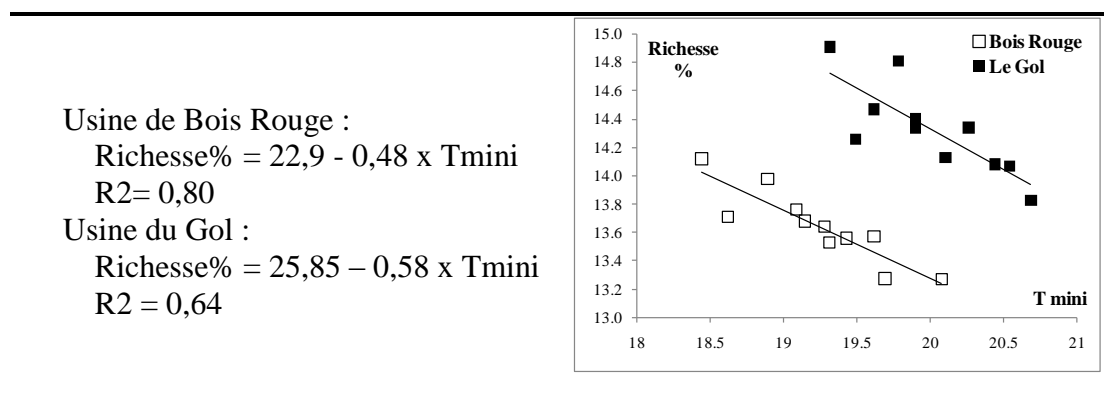


Figure 2. Relation entre la Richesse % et la moyenne des températures Minimum (Tmini) en intercampagne, du mois de Février à Fin Juin.

Hors cyclones et systèmes intenses, les moyennes de températures mini relevées en intercampagne ont été les plus faibles au début de la série étudiée (1999-2001) et les plus élevées ces deux dernières années (2010-2011). Elles ont augmenté de 0,087 °/an sur le Sud-Ouest à 0,1 °/an à l'Est.

Changement climatique

Les tendances observées à la Réunion (1969-2008)

Le réchauffement du système climatique est sans équivoque. La température moyenne à La Réunion a augmenté de +0,62°C, soit une tendance de +0,16°C par décennie. Le réchauffement constaté sur l'île a une valeur identique à celui du globe. L'accroissement des températures maximales a été plus élevé que celui des températures minimales et c'est pendant les mois de mars-avril-mai que ces hausses de températures ont été les plus fortes. Le pourcentage de journées ou nuits chaudes a nettement augmenté.

Les tendances de précipitations sont orientées à la baisse sur l'Ouest, le Sud-Ouest et le Sud sauvage et ce, quelle que soit la saison. Ces régions sont touchées par des sécheresses accrues. A l'Est, sur la façade au vent, les tendances sont à la baisse pendant l'hiver austral et à la hausse de septembre à novembre. L'aléa cyclonique ne permet pas d'évaluer une tendance fiable pour la période de décembre à mai. On note globalement une augmentation du nombre de jours de faibles précipitations sur la façade au vent, accompagnée d'une baisse de la durée des épisodes secs.

Les caractéristiques du climat futur

Les tendances continuent dans le futur. Selon les scénarios et modèles utilisés, la hausse prévue des températures sur l'île de La Réunion sera comprise entre 1,0 et 3,2°C. Dans l'océan Indien, les projections de précipitations annuelles prévoient une variation relative de -2% à +20% selon les modèles. Les relations entre activité cyclonique et réchauffement climatique ne sont pas établies de façon très claire. Il semblerait tout de même qu'on observe dans le climat futur une baisse du nombre de cyclones avec en contrepartie une augmentation des systèmes intenses et des précipitations associées.

Discussions et conclusions

Durant la période étudiée, la richesse a baissé en moyenne de 0,045% par an sur l'île, 0,05% dans l'Est et 0,04% à l'Ouest et au Sud-Ouest de l'île. Les baisses de richesse sont les plus fortes et les plus significatives en fin de campagne (Octobre à Décembre).

Ces diminutions de richesse sont expliquées à 80% dans l'Est et 64% dans l'Ouest de l'île par une hausse (0,087 à 0,1°C/an) des moyennes des températures minimum dans l'intercampagne (Février à Juin) depuis 1999. Les richesses diminuent de 0,48% par degré à l'Est (Bois Rouge) et de 0,58% par degré au Sud Ouest (Gol).

Les analyses effectuées par Météo France sur 1969-2008 confirment le réchauffement observé dans cette étude. Les projections réalisées jusqu'à 2100 montrent que cette tendance va continuer dans le futur avec une hausse des températures de 1 à 3,2°C d'ici 2100.

Cette tendance future du réchauffement climatique peut laisser prévoir une diminution des richesses au moins du même ordre que celle observée ces 10 dernières années, soit 0,5 à 1% tous les 10 ans. Cette évolution peut être modifiée à la hausse comme à la baisse par un changement du statut variétal, des modes de coupe et une part de l'irrigation de plus en plus importante dans la zone Ouest.

Cette étude devrait être complétée et améliorée en utilisant plus d'indicateurs, des combinaisons d'indicateurs et une échelle plus fine allant jusqu'au bassin d'approvisionnement. Des modèles de prédiction avant campagne pourraient être élaborés. Ces études devraient prendre en compte la richesse mais aussi le tonnage et sucre extrait% afin de poursuivre le raisonnement jusqu'à la production de sucre extrait. En effet, la hausse des températures si elle provoque une baisse de la richesse, pourrait selon les conditions futures de satisfaction hydrique, engendrer une hausse des rendements donc des tonnages de canne produits. Il serait alors intéressant de prédire le tonnage sucre / ha.

Références bibliographiques

CTICS. Rapports de campagne de 1999 à 2011

Inman-Bamber N.G.; Bonnette G.D., Spillman M.F., Hewitt M.L., and Jackson J., (2008). Increasing sucrose accumulation in sugarcane by manipulating leaf extension and photosynthesis with irrigation. *Australian journal of agricultural research*. 59c(1): 13-26.

Martiné, J.F., Lebre, P. and Bonhomme, R. (2001). Effect of soil water content, intercepted radiation and temperature on sugar cane sucrose balance and partition. *Proc. International Society of Sugar Cane Technologists Congress* Brisbane, Australia, 24: 58-64.

Martiné J.F.. (2007). Analysis and forecasting of the sucrose content of sugarcane crops during the harvest period in Reunion Island. *Proc. International Society of Sugar Cane Technologists Congress* Durban, South Africa. 26 : 607-612.

"Roy, D., Quetelard, H., Jumaux, G. (2009), Etude pour l'identification des évolutions des changements climatiques à La Réunion, Météo-France, Direction Interrégionale de La Réunion.

Yates R.A. (1996). Factors that affect the quality of sugarcane – Part 1: Climate. Int. Sugar Jnl., 98: 280-286